

Трофимова Ия Леонидовна

**Надземная фитомасса и ее годичная продукция в
спелых сосняках Среднего Урала**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство,
лесоустройство и лесная таксация

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2015

Работа выполнена на кафедре лесной таксации и лесоустройства
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Нагимов Зуфар Ягфарович

Официальные оппоненты: Маленко Александр Анатольевич, доктор
сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный
университет», кафедра лесного хозяйства, заведующий;
Габделхаков Айдар Кавилович, кандидат
сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный
университет», кафедра лесоводства и ландшафтного дизайна, доцент.

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный
аграрный университет»

Защита состоится «25» июня 2015 г. в 12⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» (www.usfeu.ru).

Автореферат разослан «24» апреля 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. с.-х. наук, доцент

А.Г. Магасумова

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Масштабные целенаправленные исследования биологической продуктивности лесов, начатые еще в середине 20 века, после конференции ООН по окружающей среде (1992) и принятия Киотского протокола (1997), вышли на новый качественный уровень. На современном этапе активизировались исследования экологических функций леса, в частности, их роли в глобальном углеродном цикле. Леса стали рассматриваться как биологический щит угрозе глобального потепления климата (Курбанов, 2002; Усольцев, 2002; Щепашенко, 2005; и др.). Признается, что оценка углерододепонирующей способности лесов может обеспечить нашей стране существенные экологические и экономические выгоды (Вараксин и др., 2008), а сдерживающим фактором в реализации этой задачи является недостаточный объем экспериментальных материалов об аккумуляровании углерода в фитомассе и годичной продукции лесных биогеоценозов (Усольцев, 2005). В этой связи актуальными являются региональные оценки запасов углерода с использованием данных по первичной биологической продуктивности насаждений.

Во многих районах страны, в том числе и на Урале, получены достаточно полные сведения о фитомассе древостоев. В значительно меньшей степени изучена ее годичная продукция. В биопродукционном процессе кроме древостоя активное участие принимают нижние яруса растительности: подрост, подлесок и живой напочвенный покров (ЖНП). Однако вклад их в формирование общей фитомассы насаждений и ее годичной продукции изучен недостаточно. Результаты исследований нижних ярусов растительности представляют интерес не только в связи с обозначенной проблемой, но и при решении других важных задач, в частности, при оценке биологического разнообразия лесных экосистем, определении запасов лесных горючих материалов и т.д.

Исследования автора проводились в 2007-2014 годах на кафедре лесной таксации и лесоустройства ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ).

Степень разработанности темы исследований. Выполненное исследование является продолжением работ по изучению фитомассы насаждений, начатых на Среднем Урале в начале 80-х годов прошлого столетия сотрудниками УГЛТУ (Нагимов, 1984, 2000; Усольцев, 1988, 1997; Мельникова, 1993; Деменев, 1995; и др.). Несмотря на большое количество исследований вопросы, связанные с оценкой фитомассы нижних ярусов растительности и годичной продукции фитомассы насаждений, нуждаются в дальнейшем изучении и обобщении.

Диссертация является законченным научным исследованием.

Цель и задачи исследований. Основная цель работы заключалась в оценке надземной фитомассы и годичной продукции древостоев и нижних ярусов растительности в спелых сосняках различных типов леса.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- изучение состава, состояния, густоты, запасов фитомассы и годичной продукции растений лесовозобновления;
- оценка видового состава, обилия и встречаемости видов, проективного покрытия, запасов фитомассы и годичной продукции ЖНП;
- исследование состава, густоты, запасов фитомассы и годичной продукции подлеска;
- проверка точности и пригодности ранее разработанных в УГЛТУ уравнений для оценки запасов фракций фитомассы сосновых древостоев;
- определение запасов фитомассы и годичной продукции древостоев;
- оценка роли отдельных ярусов растительности в формировании надземной фитомассы и годичной продукции насаждений.

Научная новизна. Впервые на Среднем Урале проведена комплексная оценка надземной фитомассы и годичной продукции всех ярусов растительности (древостоя, растений лесовозобновления, подлеска и ЖНП). Выявлены видовые особенности структуры надземной фитомассы растений лесовозобновления и подлеска и вклад каждого вида в формировании запасов фитомассы этих компонентов по типам леса. Установлены особенности пространственного распределения фитомассы ЖНП, зависимость ее от проективного покрытия и высоты над уровнем моря, участие отдельных видов в надземной фитомассе ЖНП. Оценена роль отдельных ярусов растительности в формировании запасов надземной фитомассы и годичной продукции насаждений. Выявлены типологические особенности структуры надземной фитомассы насаждений и ее годичной продукции.

Теоретическая и практическая значимость работы. Выявленные закономерности формирования фитомассы и годичной продукции нижних ярусов растительности могут служить теоретической базой для совершенствования оценки запасов фитомассы сосновых насаждений. Результаты исследований представляют интерес при оценке углерододепонирующей функции и биологического разнообразия лесов, моделировании лесных пожаров, реализации различных экологических программ. Они используются в учебной и научной деятельности УГЛТУ.

Методология и методы исследований. Исследования базируются на комплексном подходе оценки надземной фитомассы и годичной продукции всех ярусов растительности лесных насаждений. Работы проводились с использованием апробированных методик, применяемых в геоботанике, лесоведении, лесоводстве и лесной таксации. Изучение ЖНП выполнялось с применением современных цифровых технологий.

Положения, выносимые на защиту:

1. Формирование надземной фитомассы и ее фракционной структуры у растений нижних ярусов растительности определяется видовой принадлежностью и зависит от лесорастительных условий.
2. Вклад отдельных видов ЖНП, подлеска и растений лесовозобнов-

ления в формировании запасов фитомассы этих компонентов насаждения существенно различается по типам леса; наибольшей долей в общей фитомассе нижних ярусов растительности характеризуется ЖНП.

3. В формировании запасов фитомассы насаждений доминирует древостой, а роль нижних ярусов растительности в этом процессе крайне мала (менее 2 %) и объясняется высокой полнотой исследуемых древостоев.

4. В спелых сосняках удельный вес годичной продукции в общей фитомассе нижних ярусов растительности существенно больше, чем этот показатель в древостоях; в годичной продукции фитомассы древостоев доля крон (ветвей и хвои) выше, чем стволов.

5. Нижние яруса растительности играют существенную роль в биопродукционном процессе, несмотря на небольшой удельный вес по фитомассе, их годичная продукция в общей годичной продукции насаждения в зависимости от типов леса составляет от 5,4 до 19,9 %.

Степень достоверности результатов обеспечивается достаточным объемом экспериментального материала, полученного с четким соблюдением требований используемых методик, а также применением современных математических методов и прикладных компьютерных программ при его обработке и интерпретации полученных результатов.

Апробация работы. Основные результаты исследований представлялись и обсуждались на международных (Йошкар-Ола, 2010; Уссурийск, 2012) и всероссийских (Екатеринбург, 2008, 2010) научных и научно-технических конференциях и симпозиуме. Основные положения диссертации опубликованы в 7 печатных работах, в том числе 2 в журналах, рекомендуемых ВАК РФ.

Личный вклад автора. Все работы от сбора экспериментального материала и его камеральной обработки до анализа и интерпретации полученных результатов выполнены автором или при ее участии.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, библиографического списка из 231 наименования (в том числе 8 на иностранных языках) и 15 приложений. Текст изложен на 173 страницах, содержит 78 таблиц и 28 рисунков.

Глава 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Данные о фитомассе древостоев в различных лесорастительных условиях освещены в работах многих отечественных и зарубежных исследователей (Горбатенко, 1967; Поздняков и др., 1969; Смирнов, 1971; Уткин, 1975; Пшеничникова, 1978; Железников, 1982; Усольцев, 1988, 1997; Аткин, Аткина, 1989; Мельникова, 1993; Skole, 1993; Аткин, 1994; Деменев, 1995; Нагимов, 2000; Усольцев, Залесов, 2005; Гульбе, 2007; и др.). Годичная продукция фитомассы древостоев изучалась в меньшей степени. В последние годы большое внимание уделяется исследованиям экологических

функций леса, в частности, оценке их роли в глобальном углеродном цикле. В этой связи активизировались работы по изучению географических закономерностей распределения фитомассы (Усольцев, 2002; Терентьев, 2006; и др.) и расчету бюджета углерода лесов (Курбанов, 2002; Щепаченко, 2005; и др.).

В специальной литературе имеются достаточно полные сведения о составе, структуре и проективном покрытии нижних ярусов растительности (Пшеничникова, 1978; Аткин, 1994; Кнорре, 2006; Власова, 2007; Климчик, 2011; Тужилкина, 2011; и др.), а данных о их фитомассе и годичной продукции значительно меньше.

В целом, несмотря на большое количество исследований фитомассы лесов, многие аспекты этой проблемы требуют дальнейшего изучения и обобщения в соответствии с новыми экологическими программами. В частности, актуальными, в том числе и в районе исследований, остаются вопросы оценки вклада всех ярусов растительности в формировании общей фитомассы насаждений и ее годичной продукции. Они необходимы при локальных и региональных оценках запасов углерода, биологического разнообразия лесов и т.д.

Глава 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ И СОСНЯКОВ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Природно-климатические условия района исследований

Район исследований расположен в Зауральской холмисто-предгорной провинции в пределах южной подзоны лесной ландшафтно-географической зоны (Колесников, 1969). В наибольшей степени физико-географические факторы района исследований (Ястребов, 1958; Борисевич, 1968; Погодина, Розов, 1968; и др.) соответствуют биоэкологическим особенностям сосны. Природные условия района исследований обеспечивают рост и развитие насаждений средней и даже высокой продуктивности.

2.2 Характеристика лесного фонда и сосняков района исследований

В районе исследований наибольшее распространение имеют сосновые насаждения (50,9 %), которые характеризуются следующими средними показателями: возраст – 69 лет, полнота – 0,71, класс бонитета – II,6. Преобладающими типами леса являются разнотравные (31,0 %), ягодниково-брусничниковые (13,1 %).

Глава 3 ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

3.1 Программа исследований

Программа исследований разработана в соответствии с поставленными задачами и направлена на выполнение основной цели работы.

3.2 Основные положения методики исследований

В основу исследований положен метод пробных площадей (ПП), ко-

торые закладывались с учётом теоретических положений лесоведения и лесной таксации и требований ОСТ 56-69-83. При закладке ПП применен профильный подход. Они располагались на трансектах вдоль длинных склонов (южной экспозиции), которые, как правило, начинались от резко очерченных вершин с обнажением горных пород и заканчивались котловинными понижениями с торфянистой почвой. Для каждой ПП определялись географические координаты и высота над уровнем моря. Все исследовательские профили располагаются в диапазоне высот от 290 до 350 м над уровнем моря. На профилях представлен достаточно широкий спектр экологических условий. ПП охвачены сосновые насаждения четырех типов леса: брусничниковый (Сбр), ягодниковый (Сяг), разнотравный (Сртр) и осоково-сфагновый (Сос-сф).

Таксационные показатели модельных деревьев и древостоев на ПП определялись в соответствии с известными в лесной таксации методами и действующими ГОСТами.

3.2.1 Оценка количественных показателей ЖНП

Для изучения ЖНП на каждой ПП по двум продольным линиям при помощи специально изготовленной рамки было заложено от 20 до 30 учетных площадок (УП) размером 0,5 x 0,5 м. На каждой УП сделан полный перечень видов и с использованием общепринятых методик определены показатели обилия и встречаемости, выделены доминантные виды и виды-индикаторы условий местопроизрастания. При сравнении растительных сообществ по видовому составу применялся коэффициент Жаккара.

Определение проективного покрытия. Применяемые методы определения проективного покрытия достаточно трудоемки и не лишены субъективизма. Поэтому нами при оценке этого показателя использованы современные цифровые технологии. Производилась последовательная съемка на цифровую фотокамеру всех УП с таким расчетом, чтобы каждый кадр съемки захватывал полную УП. Обработка снимков и оценка проективного покрытия выполнялись с использованием компьютерных программ Adobe Photoshop, Corel Draw X3 и ImageJ.

Определение фитомассы ЖНП проводилось путем его полного срезания на УП режущим инструментом. Укосы разбирались по группам растений: осоковые, злаковые, бобовые, крупнотравье, мелкотравье, кустарнички и полукустарнички, мхи, лишайники, папоротники, хвощи, грибы. Затем каждая группа взвешивалась на электронных весах с точностью до 0,1 гр. Для определения абсолютно сухой фитомассы отбирались навески, которые высушивались до постоянного веса в термостатах при температуре 105 °С.

3.2.2 Оценка количественных и качественных показателей растений лесовозобновления

Оценка количественных и качественных показателей и фитомассы всходов, самосева и подроста высотой до 1,5 м проводилась на УП разме-

ром 1,0 x 1,0 м, которые закладывались на ПП по двум продольным трансектам в количестве от 20 до 25 шт. На УП для каждого растения определялись следующие характеристики: порода, высота, диаметра шейки корня, возраст, состояние и надземная фитомасса. Абсолютно сухая фитомасса определялась по навескам.

Оценка подроста высотой более 1,5 м проводилась на ПП методом сплошного перечета с распределением растений по породам и ступеням толщины (у шейки корня). После перечета отбирались средние по диаметру растения в количестве 3-5 шт. Для каждого из них определялись высота, диаметр, возраст и масса фракций (ствол, ветви, сухие ветви, хвоя).

3.2.3 Оценка количественных показателей подлеска

Определение количественных и весовых показателей подлеска проводилось так же, как и для крупного подроста (высотой более 1,5 м).

3.2.4 Определение фитомассы древостоя

Оценка надземной фитомассы древостоев сосны осуществлялась по ранее разработанному для района исследований на кафедре лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ уравнениям (Нагимов, 2000). Это связано с возникшими в ходе исследований осложнениями по оформлению разрешительных документов на рубку модельных деревьев на изучаемых объектах. Уравнения для оценки фитомассы (P) стволов и их фракций в качестве независимых переменных включают возраст (A), запас (M) и класс бонитета – среднюю высоту древостоев в столетнем возрасте (H_{100}):

$$P = f(A, M, H_{100}) \quad (1)$$

В уравнениях по оценке фитомассы крон (хвои) переменными являются возраст, класс бонитета и густота – средняя площадь питания деревьев (S_p):

$$P = f(A, H_{100}, S_p) \quad (2)$$

Таксационные характеристики исследуемых нами древостоев укладывались в ограничительные диапазоны указанных уравнений.

3.3 Оценка годичной продукции древостоя и нижних ярусов растительности

Годичная продукция растений лесовозобновления. Годичная продукция однолетних всходов принималась равной их общей надземной фитомассе, а двухлетних – половине от общей массы. У растений более высокого возраста (самосева и подроста высотой до 1,5 м) определялась надземная фитомасса по фракциям (хвоя, ствол и ветви). Годичная продукция складывалась из массы хвои последнего года и годичного прироста древесной массы. Второй показатель определялся отдельно для возрастных групп (3-5 лет, 6-10 лет и более 10 лет) делением массы растений (без хвои/листвы) в той или иной группе на их средний возраст.

Годичная продукция подроста высотой более 1,5 м устанавливалась на основе данных средних модельных экземпляров, у которых определялась масса хвои (листвы) последнего года и средний прирост древесной

массы делением массы растений (без хвои/листвы) на средний возраст. С использованием этих данных и материалов сплошного перечета определялась годовичная продукция на единице площади.

Годичная продукция подлеска устанавливалась с использованием данных сплошного перечета подлеска на ПП и средних экземпляров, так же как и у крупного подроста.

Годичная продукция ЖНП. Годичная продукция однолетних травянистых растений принималась равной их надземной фитомассе. У многолетних кустарничков годовичная продукция определялась как масса побегов текущего года с листьями (Андреева и др., 2002).

Годичный прирост мхов слабо дифференцируется. В нашей работе при выделении этого показателя использовались морфологические признаки. У листостебельных мхов (*Polytrichum commune* Hedw., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.) годовичные побеги определялись по величине и форме листьев (Андреева и др., 2002).

Годичная продукция древостоя. Годичная продукция фитомассы стволов в коре определялась как разность между показателями фитомассы текущего и предшествующего годов с использованием уравнения (1). Для определения фитомассы стволов за предшествующий год запас древостоев на ПП уменьшался на величину годовичного прироста, взятого из местных таблиц хода роста по соответствующим показателям.

Годичная продукция фитомассы хвои установлена на основе данных распределения массы хвои по возрасту, полученных в районе исследований на основе многолетних наблюдений (В.З. Нагимов, З.Я. Нагимов, 2004). Годичная продукция фитомассы ветвей определялась с использованием многовариантных таблиц динамики таксационных показателей и надземной фитомассы сосновых древостоев (Нагимов и др., 2009), составленных с использованием уравнений (1) и (2).

3.3 Объем выполненных работ

Для решения программных вопросов нами в ходе полевых работ заложено 10 ПП для определения таксационных показателей древостоев и фитомассы нижних ярусов растительности. Кроме того, на 6 постоянных ПП проведены повторные перечеты, обмер модельных деревьев и определена фитомасса ЖНП, подроста и подлеска. ПП охвачены спелые (возраст 89-116 лет), высокополнотные (полнота 0,92 до 1,39), чистые (или с небольшим участием других пород) сосновые насаждения естественного происхождения.

На этих ПП заложены 330 УП для оценки ЖНП, 340 УП для определения показателей растений лесовозобновления высотой до 1,5 м, получено 315 фотоснимков ЖНП, выполнен сплошной перечень подлеска и крупного подроста высотой более 1,5 м, взято около 700 образцов от нижних ярусов растительности для определения влажности фитомассы.

Автор также принимала участие в закладке 15 ПП (с рубкой модель-

ных деревьев) на изучение фитомассы древостоев, часть из которых использована при верификации ранее разработанных уравнений.

Глава 4 НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА И ГОДИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ

Несмотря на большое количество исследований, посвященных естественному возобновлению леса, данных о фитомассе растений возобновления (всходов, самосева и подроста) в специальной литературе крайне мало. Между тем они, безусловно, вносят определенный вклад в общую фитомассу и годовую продукцию насаждения. Поэтому оценка суммарной фитомассы всходов, самосева и подроста представляет и научный, и практический интерес.

4.1 Состав и густота растений лесовозобновления

В изучаемых типах леса в общем количестве растений лесовозобновления преобладают всходы. Их доля составляет от 50,0 % в осоково-сфагновом типе леса до 70,2 % в ягодниковом. Подрост высотой до 1,5 м наибольшей густотой характеризуется в Сбр (15,14 тыс.шт./га), а наименьшей в Сртр (1,25). Сяг (6,18 тыс.шт./га) и Сос-сф (2,00) по этому показателю занимают промежуточное положение.

На исследуемых объектах в лесовозобновлении участвуют 5 древесных пород: сосна, лиственница, ель, береза и осина. В составе возобновления доминирует сосна. Её участие по количеству растений (всходов, самосева и подроста) на ПП колеблется от 83,3 до 100 %. Состав древостоя оказывает влияние только на состав мелкого и среднего подроста.

Численность соснового подроста (в переводе на крупный) в значительной степени зависит от типов леса и характеризуется следующими цифрами: в Сбр – 14,45, в Сяг – 15,18, в Сртр – 3,27 и в Сос-сф – 10,14 тыс. шт./га.

С увеличением высоты над уровнем моря наблюдается тенденция увеличения густоты мелкого и среднего подроста и уменьшение крупного. Теснота связей густоты от абсолютной высоты над уровнем моря не высокая ($R^2=0,11-0,40$). Это свидетельствует, что в районе исследований с незначительными высотами гор на рост и развитие подроста большое влияние оказывает не абсолютная высота участков над уровнем моря, а их расположение относительно элементов рельефа (типы леса).

4.2 Надземная фитомасса растений лесовозобновления

Общая фитомасса растений возобновления в абсолютно сухом состоянии на ПП варьирует в пределах от 52,9 до 923,3 кг/га. Средние значения этого показателя составляют: в брусничниковом типе леса 207,7, в ягодниковом – 364,5, в разнотравном – 385,8, в осоково-сфагновом – 366,1 кг/га. Роль тех или иных пород в формировании общей фитомассы в изучаемых типах леса различна. В Сбр и Сяг главную роль в этом процессе играют сосна и ель, в Сртр – береза и ель, а в Сос-сф – береза.

Формулы состава подроста, рассчитанные по участию пород в формировании общей надземной фитомассы, оказались следующими:
 для Сбр – 6,2 сосна, 3,3 ель, 0,1 лиственница, 0,4 береза, ед. осина;
 для Сяг – 4,2 сосна, 3,5 ель, 2,0 лиственница, 0,3 береза, ед. осина;
 для Сртр – 4,1 ель, 4,0 береза, 1,4 сосна, 0,4 лиственница, 0,1 осина;
 для Сос-сф – 6,5 береза, 2,5 сосна, 1,0 ель, ед. лиственница.

Указанные особенности накопления фитомассы, безусловно, связаны с биологическими особенностями пород, а так же с возрастом, размерами и численностью растений лесовозобновления в исследуемых типах леса.

По мере снижения высоты над уровнем моря надземная фитомасса подроста имеет тенденцию к увеличению. Однако связь между рассматриваемыми показателями слабая ($R^2=0,19$), как и в случае с густотой.

Представленные в лесовозобновлении породы существенно отличаются по фракционному распределению надземной фитомассы. В то же время, типологические особенности в распределении надземной фитомассы по фракциям у растений одной породы выражены не четко. Поэтому нами составлена таблица обобщенного процентного распределения фракций надземной фитомассы по породам (таблица 1).

Таблица 1 – Процентное распределение фракций надземной фитомассы средних растений подроста по породам, %.

Порода	Доля				
	общая	в том числе			
		стволов	крон		
			всего	хвоя/листва	ветви
Сосна	100	63,8	36,2	20,0	16,1
Лиственница	100	66,8	33,2	13,1	20,0
Ель	100	49,1	50,9	31,3	19,6
Береза	100	63,6	36,4	17,1	19,4
Осина	100	72,5	27,5	18,8	8,7

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что наибольшей долей стволов характеризуется осина (72,5 %), а наименьшей – ель (49,1 %). Остальные породы по этому показателю занимают промежуточное положение (63,6-66,8 %). Максимальным удельным весом листвы (хвои) в общей массе крон характеризуется ель (31,3 %), а минимальным – лиственница (13,1 %). Облиственненность (охвоенность) остальных пород варьирует в пределах от 17,1 до 20,0 %. Отмеченные закономерности в распределении фракции надземной фитомассы при примерно одинаковом возрасте растений в первую очередь объясняются биологическими особенностями пород.

В таблице 2 в разрезе типов леса представлены данные фракционного распределения надземной фитомассы растений возобновления (по совокупности всех видов). Анализ их свидетельствует, что в надземной фитомассе растений преобладают органы, длительно накапливающие органическое вещество – это стволы. В частности, на их долю приходится 46,0-65,9 % массы, а на листву (хвою) – только от 15,5 до 36,9 %.

На процентное соотношение фракций надземной фитомассы определенное влияние оказывают лесорастительные условия. С их улучшением увеличивается доля стволов и, соответственно, понижается доля кроны.

Таблица 2 – Структура надземной фитомассы растений возобновления в различных типах леса (в числителе – кг/га; в знаменателе – %).

Тип леса	Надземная фитомасса				
	общая	в том числе			
		стволов	кроны		
			всего	хвоя/листва	ветви
Сбр	207,7	95,5	112,2	76,6	35,6
	100,0	46,0	54,0	36,9	17,2
Сяг	364,5	207,4	157,1	76,3	80,9
	100,0	56,9	43,1	20,9	22,2
Сртр	385,8	254,2	131,6	60,5	71,1
	100,0	65,9	34,1	15,7	18,4
Сос-сф	366,1	240,2	125,9	56,8	69,1
	100,0	65,6	34,4	15,5	18,9

Представленные в лесовозобновлении породы существенно отличаются по влажности фракций фитомассы. У всех пород наиболее влажной фракцией фитомассы является листва (хвоя), а наиболее сухой – стволы и ветви. Влажность тканей растений заметно увеличивается с улучшением лесорастительных условий.

4.3 Годичная продукция фитомассы растений лесовозобновления

На каждой ПП определялась годичная продукция фитомассы растений отдельно по породам. Выявлено, что доля годичной продукции в общей надземной фитомассе варьирует в достаточно широких пределах: в Сбр от 15,4 до 32,5 %, в Сяг от 10,9 до 33,7 %, в Сртр от 8,7 до 32,5 %, в Сос-сф от 13,0 до 21,2 %. Такое положение объясняется различиями между ПП по видовому составу, возрасту и структуре надземной фитомассы. Обобщенные данные годичной продукции фитомассы по типам леса представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Фитомасса и годичная продукция растений лесовозобновления по типам леса.

Тип леса	Общая фитомасса, кг/га	Годичная продукция фитомассы	
		кг/га	%
Сбр	207,7	64,1	30,9
Сяг	364,5	77,4	21,2
Сртр	385,8	77,8	20,2
Сос-сф	366,1	65,1	17,8

Величина годичной продукции фитомассы подростов тесно связана с качеством условий местопроизрастания: в лучших условиях она заметно выше, чем в худших. Так, рассматриваемый показатель наиболее высокими значениями характеризуется в Сяг и Сртр, а наименьшими – в Сбр и Сос-сф. Доля годичной продукции в общей надземной фитомассе подростов

в изучаемых типах леса в среднем колеблется от 17,8 до 30,9 %.

Глава 5 НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА И ГОДИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ЖНП

5.1 Видовой состав ЖНП

В ЖНП исследуемых сосняков насчитывается 69 видов растений. Изучаемые типы леса существенно различаются по видовому богатству и доминантам ЖНП. Среднее количество видов растений в разнотравном типе леса (33 вида) значительно выше, чем в брусничниковом (14 видов) и осоково-сфагновом (13 видов). Ягодниковый тип леса по этому показателю занимает промежуточное положение (19 видов).

Связь между количеством видов (N) ЖНП и высотой над уровнем моря (HS) умеренной тесноты и описывается уравнением прямой:

$$N = -0,3552HS + 136,15, R^2 = 0,44 \quad (3)$$

По индексу Жаккара видовой состав ЖНП в насаждениях одного типа леса характеризуется большим (или близким к большому) соответствием (индексы близки к значению 0,65 или больше 0,65). По данному показателю ПП в пределах типов леса представляют собой единую, достаточно однородную выборку. Видовой состав ЖНП в брусничниковом, ягодниковом и разнотравном типах леса при сравнении этих типов между собой, характеризуется малым соответствием, а при сравнении указанных типов леса с осоково-сфагновым, флористическое сходство не обнаруживается.

5.2 Обилие и встречаемость видов ЖНП

Наибольшим обилием в брусничниковом типе леса обладают брусника и вейник тростниковидный, в ягодниковом – черника и вейник тростниковидный, в разнотравном – черника, вейник тростниковидный и костяника каменистая, а в осоково-сфагновом – плеурозий Шребера, багульник болотный, морошка обыкновенная и осока корневищная.

Встречаемость вида, несмотря на то, что характеризует равномерность распределения растений, не всегда соответствует его обилию. Это объясняется мозаичностью условий местообитания, связанных с особенностями ландшафта. На основе показателей обилия и встречаемости видов ЖНП определены индикаторные виды для изучаемых типов леса.

В соответствии с экологической шкалой Д.Н. Цыганова (1983) индикаторы ЖНП исследуемых сообществ относятся к 11 эколого-ценотическим группам.

5.3 Проективное покрытие ЖНП

На каждой ПП проективное покрытие ЖНП существенно варьирует по УП. Встречаются площадки, как лишенные травянистой растительности, так и с проективным покрытием более 70,0 %.

Наиболее высокое значение этого показателя характерно для разнотравного типа леса (64,0 %), а наиболее низкое – для брусничникового (16,4 %). Ягодниковый (43,3 %) и осоково-сфагновый (52,6 %) типы леса

по этому показателю занимают промежуточное положение. Следует отметить, что показатели проективного покрытия ЖНП даже в разнотравном типе леса не характеризуются наивысшими значениями. Это объясняется в первую очередь высокой полнотой исследуемых древостоев.

5.4 Надземная фитомасса ЖНП

Распределение фитомассы ЖНП по площади характеризуется высокой гетерогенностью. Средние значения коэффициента вариации фитомассы в брусничниковом типе леса составляют 109,6 %, в ягодниковом – 71,4 %, разнотравном – 56,0 %, осоково-сфагновом – 62,8 %. Ряды распределения фитомассы в основном характеризуются резко выраженной положительной асимметрией и в большинстве случаев положительным эксцессом. Для достижения одинаковой точности при оценке надземной фитомассы ЖНП в исследуемых типах леса количество УП должно быть в Сбр в 3,5 раза, в Сяг в 1,5 раза и в Сос-сф в 1,2 раза больше, чем в Сртр.

В порядке увеличения фитомассы ЖНП исследуемые сосняки образуют следующий ряд: брусничниковые (в среднем 215,7 кг/га), ягодниковые (571,5), разнотравные (645,8), осоково-сфагновые (1122,7).

Во всех исследуемых типах леса в надземной фитомассе ЖНП преобладающей группой растений является полукустарнички и кустарнички. Их доля составляет в брусничниковом типе леса 63,2 %, в ягодниковом – 78,2 %, в разнотравном – 45,1 % и осоково-сфагновом – 48,2 %. Весомый вклад в формирование фитомассы ЖНП в Сбр вносят злаковые (18,6 %) и мхи (8,4 %), в Сяг – злаковые (9,3 %) и папоротники (5,1 %), в Сртр – злаковые (21,2 %), папоротники (12,5 %), мелкотравье (6,4 %), осоковые (5,9 %) и крупнотравье (4,9 %), в Сос-сф – осоковые (30,9 %) и мхи (16,0 %).

Фитомасса ЖНП в свежем состоянии (PS) закономерно уменьшается с повышением высоты над уровнем моря (HS) (рисунок 1) и увеличивается с возрастанием проективного покрытия (SPP) (рисунок 2).

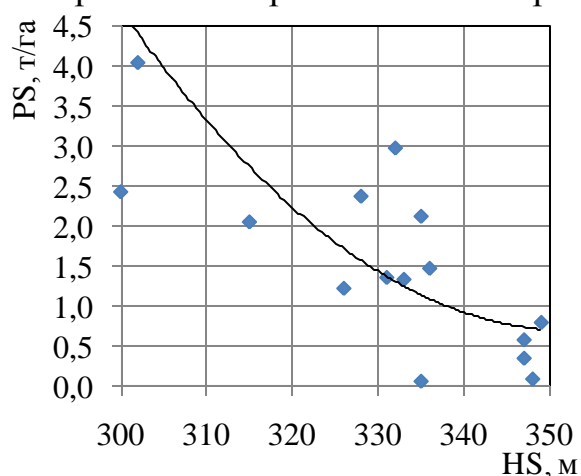


Рисунок 1 – Зависимость фитомассы ЖНП в свежем состоянии от высоты над уровнем моря.

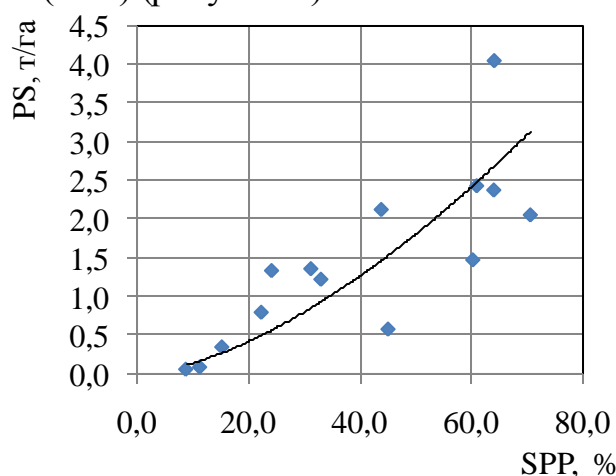


Рисунок 2 – Зависимость фитомассы ЖНП в свежем состоянии от его общего проективного покрытия.

Значения коэффициента детерминации (R^2) для первой зависимости составляет 0,70, а для второй 0,82. Они свидетельствуют о тесной связи оцениваемых признаков.

Для учета ЖНП необходимы нормативы, позволяющие определить его фитомассу на основе более просто и объективно определяемых показателей. Представленные материалы показывают, что такими показателями могут служить высота лесных участков над уровнем моря и проективное покрытие ЖНП. Зависимость фитомассы ЖНП в абсолютно сухом состоянии (PAS) от высоты над уровнем моря (HS) и проективного покрытия (SPP) наиболее точно описывается уравнением:

$$\log(PAS) = 15,9516 - 2,56075 * \log(HS) + 1,35666 * \log(SPP) \quad (4)$$

Все константы при независимых переменных в уравнении (4) значимы на 5 % уровне. Значение коэффициента детерминации ($R^2=0,73$) свидетельствует об адекватности уравнения экспериментальным данным.

На основе табулирования уравнения (4) получена таблица изменения фитомассы ЖНП в абсолютно сухом состоянии в зависимости от высоты над уровнем моря и проективного покрытия (таблица 4).

Таблица 4 – Изменение фитомассы ЖНП в зависимости от его проективного покрытия и высоты над уровнем моря.

Высота над уровнем моря, м	Фитомасса (кг/га) при величине проективного покрытия ЖНП (%)							
	10	20	30	40	50	60	70	80
280	104,2	266,8	462,5	683,2	924,8	1184,3	1459,8	1749,7
300	87,3	223,6	387,6	572,6	775,0	992,5	1223,4	1466,3
320	74,0	189,5	328,5	485,4	657,0	841,3	1037,0	1243,0
340	63,4	162,3	281,3	415,6	562,5	720,3	887,9	1064,2
360	54,7	140,2	243,0	359,0	485,9	622,3	767,0	919,3
380	47,7	122,1	211,6	312,6	423,1	541,8	667,8	800,5
400	41,8	107,0	185,5	274,1	371,0	475,1	585,6	701,9

Данные таблицы 4 свидетельствуют, что фитомасса ЖНП закономерно снижается с увеличением высоты участков относительно уровня моря. При фиксированных высотах над уровнем моря она закономерно возрастает с увеличением значений проективного покрытия.

5.5 Годишная продукция фитомассы ЖНП

Изменение величины годичной продукции ЖНП в зависимости от типов леса аналогично изменению общей надземной фитомассы. Обобщенные данные годичной продукции ЖНП по типам леса представлены в таблице 5.

Четкой зависимости величины годичной продукции фитомассы ЖНП от качества условий местопроизрастания не выявляется. Доля годичной продукции в общей надземной фитомассе ЖНП в изучаемых типах леса колеблется в среднем от 29,8 до 65,3 %. Она значительно выше, чем доля годичной продукции в фитомассе подроста. Повышенная доля годичной

Таблица 5 – Фитомасса и годовая продукция ЖНП по типам леса.

Тип леса	Общая фитомасса, кг/га	Прирост фитомассы	
		кг/га	%
Сбр	215,7	113,1	52,4
Сяг	571,5	170,5	29,8
Сртр	645,8	421,6	65,3
Сос-сф	1122,7	629,7	56,1

продукции в общей надземной фитомассе ЖНП в Сбр, чем в Сяг объясняется значительно меньшей (в 3,3 раза) фитомассой полукустарничков и кустарничков в первом типе леса.

Глава 6 НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА И ГОДИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ПОДЛЕСКА

6.1 Видовой состав и густота подлеска

На исследуемых объектах в составе подлеска участвуют 10 видов. Густота подлеска, его видовое разнообразие и долевое участие тех или иных видов в составе в значительной мере обусловлены лесорастительными условиями. Наибольшей густотой подлеска характеризуется разнотравный тип леса (в среднем 4167 шт./га). Брусничниковый (2601 шт./га) и ягодниковый (2267 шт./га) типы леса отличаются значительно меньшей густотой подлеска, а осоково-сфагновый характеризуется его отсутствием. Связь между густотой подлеска и высотой над уровнем моря обратная, средней тесноты ($R^2=0,28$).

Для каждого типа леса характерен определенный состав подлеска:

Сбр – 8,6 ракитника, 1,2 рябины, 0,1 шиповника, 0,1 прочие виды;

Сяг – 5,7 рябины, 4,1 ракитника, 0,2 шиповника;

Сртр – 3,4 рябины, 2,6 шиповника, 1,7 малины, 1,3 липы, 0,7 ракитника, 0,3 прочие виды.

В Сбр характерно абсолютное доминирование (по количеству растений) одного вида – ракитника, в Сяг преобладающими по числу растений являются рябина и ракитник, а в Сртр существенного превосходства тех или иных видов по численности не наблюдается. Полученные данные вполне логичны. Трофность и влажность почв более высоки в Сртр, что обуславливает более высокие показатели густоты и видового разнообразия подлеска в данном типе леса.

6.2 Надземная фитомасса подлеска

Средние значения надземной фитомассы подлеска составляют в брусничниковом типе леса – 54,8 кг/га, в ягодниковом – 123,0 кг/га, в разнотравном – 269,0 кг/га. Таким образом, надземная фитомасса подлеска в Сртр более чем в 2 раза выше, чем в Сяг, и почти в 5 раз, чем в Сбр. Связь между фитомассой подлеска и высотой над уровнем моря обратная и средней тесноты ($R^2=0,51$).

Вклад отдельных видов растений в формировании общей надземной фитомассы подлеска существенным образом зависит от типов леса. Фор-

мулы состава подлеска, определенные по фитомассе, существенно отличаются от формул, определенных по количеству растений:

Сбр – 7,5 ракитника, 1,1 рябины, 1,4 прочие;

Сяг – 8,7 рябины, 1,2 ракитника, 0,1 шиповника;

Сртр – 5,9 рябины, 3,2 липы, 0,6 шиповника, 0,1 ракитника, 0,2 прочие.

Эти различия, безусловно, связаны с биологическими особенностями видов (размерами, продолжительностью жизни и др.).

Каждый вид подлеска максимального развития (наибольших линейных размеров и фитомассы) достигает в определенном типе леса. В частности, среднее растение ракитника наибольшую массу (18,8 гр.) имеет в брусничниковом типе леса, шиповника (18,9 гр.) – в ягодниковом, рябины (152,8 гр.) – в разнотравном. Отмеченные особенности объясняются экологией и биологией видов.

Представленные в подлеске виды существенно отличаются распределением надземной фитомассы по фракциям. В частности, доля ствола в общей надземной фитомассе составляет: у ракитника – от 51,7 до 63,3 %, у рябины – от 68,4 до 73,7 % и у шиповника – от 30,1 до 57,2 %. Доля листвы в общей массе крон (облиствененность) наиболее высока у шиповника (в среднем 49,2 %). Облиствененность рябины (43,2 %) и ракитника (41,6 %) несколько ниже.

В таблице 6 в разрезе типов леса представлены данные фракционного распределения надземной фитомассы подлеска (по совокупности всех подлесочных видов).

Таблица 6 – Структура надземной фитомассы подлеска в различных типах леса (в числителе – кг/га; в знаменателе – %).

Тип леса	Надземная фитомасса					
	общая	в том числе				
		стволов	крон			
			всего	хвоя/листва	ветви	генеративные органы
Сбр	54,8	32,6	22,2	10,7	11,2	0,3
	100,0	59,5	40,5	19,6	20,4	0,6
Сяг	123,0	82,4	40,6	14,5	26,0	0,04
	100,0	67,0	33,0	11,8	21,1	0,03
Сртр	269,0	186,8	82,2	34,8	47,4	0,01
	100,0	69,4	30,6	12,9	17,6	0,00

Приведенные в таблице 6 материалы свидетельствуют, что в надземной фитомассе подлеска преобладают органы, накапливающие органическое вещество за более длительный срок – это стволы и ветви. В частности, на стволы приходится от 59,5 до 69,4 % массы, а на листву (хвою) – только 11,8-19,6 %. С улучшением лесорастительных условий увеличивается доля стволов и понижается доля крон. Следует отметить, что типологические закономерности в распределении надземной фитомассы по фракциям в случае с подлеском, тесно связаны с его составом и другими пока-

зателями, в частности, с возрастом растений.

6.3 Годи́чная продукция фитомассы подлеска

Обобщенные по типам леса данные годичной продукции подлеска представлены в таблице 7. Величина этого показателя тесно связана с качеством условий местопроизрастания насаждения.

Таблица 7 – Фитомасса и годичная продукция подлеска по типам леса.

Тип леса	Общая фитомасса, кг/га	Годи́чная продукция фитомассы	
		кг/га	%
Сбр	54,8	9,6	20,4
Сяг	123,0	21,8	16,3
Сртр	269,0	37,3	15,7

Наиболее высокими значениями годичной продукции фитомассы характеризуется разнотравный тип леса, а наименьшими – брусничниковый. Её доля в общей надземной фитомассе составляет в зависимости от типов леса от 15,7 до 20,4 %. По этому показателю подлесок близок к подросту и существенно уступает ЖНП.

Глава 7 НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА И ГОДИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

7.1 Вери́фикация оценочных уравнений фитомассы древостоев

Для оценки возможности применения ранее разработанных в УГЛТУ уравнений для определения фитомассы древостоев на наших ПП была проведена их верификация. Опытным материалом послужили 15 ПП, заложенные сотрудниками кафедры лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ, в том числе при непосредственном участии автора. Для определения точности уравнений на основе сравнения фитомассы, полученной на ПП, с расчетной фитомассой по уравнениям, вычислялись систематическая, среднеквадратическая ошибки и ошибки средних величин.

Установлено, что указанные нормативы обеспечивают лучшие результаты при оценке массы древесины стволов. Так, из 12 случаев, все отклонения запасов фитомассы не превысили $\pm 10\%$, а в 4 случаях они оказались даже ниже $\pm 5\%$. Наибольшие отклонения наблюдаются при определении запасов хвои. Здесь только в пяти случаях они не превысили $\pm 10\%$, в остальных же случаях (за исключением одного) колеблются в пределах от $\pm 10\%$, до $\pm 12\%$. Анализируемые модели дают небольшие систематические отклонения (до 4 %). Общие ошибки не выходят за пределы $\pm 5\%$.

Приведенные материалы позволяют считать проверяемые уравнения адекватными природным процессам формирования фитомассы древостоев сосны и могут успешно применяться при оценочных работах.

7.2 Надземная фитомасса сосновых древостоев

Запасы фитомассы стволов и крон, а, следовательно, общей надземной фитомассы древостоев, закономерно повышаются с улучшением лесо-

растительных условий (таблица 8).

Таблица 8 – Абсолютно сухая фитомасса древостоев по фракциям в исследуемых типах леса.

Тип леса	Фитомасса, т/га					
	стволов			крон		общая
	всего	в т. ч.		всего	в т.ч. хвоя	
		древесина	кора			
Сбр	166,75	154,35	12,41	24,38	6,06	191,14
Сяг	211,41	196,29	15,12	26,86	6,02	238,28
Сртр	225,59	209,73	15,85	30,72	6,21	256,31
Сос-сф	89,12	81,11	8,02	24,56	5,98	113,68

В порядке увеличения запасов фитомассы исследуемые сосняки образуют следующий ряд: осоково-сфагновые, брусничниковые, ягодниковые и разнотравные. Причем последние три типа сосняков, представляющие эдафический ряд от свежих периодически сухих до свежих периодически влажных экотопов, характеризуются достаточно близкими значениями фитомассы древостоев и ее составных частей и существенно отличаются от сосняка осоково-сфагнового (с устойчиво сырым режимом увлажнения).

7.3 Годишная продукция фитомассы сосновых древостоев

Годишная продукция надземной фитомассы древостоев наиболее высоким значением характеризуется в разнотравном типе леса, а наиболее низким – в осоково-сфагновом (таблица 9).

Таблица 9 – Годишная продукция фракций надземной фитомассы сосновых древостоев по типам леса.

Типы леса	Годишная продукция фитомассы, т/га			
	стволов	крон		общая
		всего	в т. ч. хвои	
Сбр	0,86	2,37	1,75	3,23
Сяг	0,90	2,48	1,82	3,38
Сртр	0,92	2,55	1,87	3,47
Сос-сф	0,43	2,42	1,79	2,85

Относительно небольшие различия по этому показателю между типами леса (представляющими широкий эдафический ряд от свежих периодически сухих до устойчиво сырых экотопов) связаны с высоким возрастом исследуемых древостоев (закономерным уменьшением различий по приросту стволовой древесины между древостоями различной производительности после кульминации этого показателя) и повышением доли крон и их охвоенности с ухудшением условий местопроизрастания.

Глава 8 НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА И ГОДИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

8.1 Надземная фитомасса сосновых насаждений

Результаты исследований надземной фитомассы подроста, подлеска, ЖНП и древостоя дают возможность оценить роль каждого из этих компонентов насаждения в продукционном процессе, депонировании углерода, биологическом круговороте веществ и т.д. Обобщенные данные по фитомассе нижних ярусов растительности по типам леса представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Надземная фитомасса нижних ярусов растительности в абсолютно сухом состоянии по типам леса.

Тип леса	Надземная фитомасса нижних ярусов растительности						Общая, кг/га
	подрост		подлесок		ЖНП		
	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	
Сбр	208	43,4	55	11,5	216	45,1	478
Сяг	365	34,4	123	11,6	572	54,0	1059
Сртр	386	29,7	269	20,7	646	49,7	1301
Сос-сф	366	24,6	0	0	1123	75.4	1489

Максимальная величина суммарной массы нижних ярусов растительности наблюдается в Сос-сф (1489 кг/га), а минимальная – в Сбр (478 кг/га). Во всех исследуемых типах леса наибольший вклад в формирование фитомассы нижних ярусов растительности вносит ЖНП (от 45,1 до 75,4 %). Доля фитомассы ЖНП наиболее высока в осоково-сфагновом типе леса (75,4 %), подлеска – в разнотравном (20,7 %), подроста – в брусничниковом (43,4 %).

По мере увеличения высоты над уровнем моря (НС) фитомасса нижних ярусов растительности (PAS) закономерно уменьшается. Связь между рассматриваемыми показателями достаточно тесная ($R^2=0,64$) Наиболее точно данную зависимость описывает полиномиальное уравнение второй степени:

$$PAS = -0,5124NS^2 + 304,83NS - 43675 \quad (5)$$

Суммарная фитомасса древостоя и нижних ярусов растительности приведена в таблице 11.

Таблица 11 – Надземная фитомасса сосновых насаждений по типам леса.

Тип леса	Нижние яруса растительности		Древостой		Общая фитомасса, т/га
	т/га	%	т/га	%	
Сбр	0,48	0,2	191,14	99,8	191,62
Сяг	1,06	0,4	238,28	99,6	239,34
Сртр	1,30	0,5	256,31	99,5	257,61
Сос-сф	1,49	1,3	113,68	98,7	115,17

В исследуемых сосняках наибольший вклад в формирование общей фитомассы насаждений вносит древостой. Доля его в брусничниковом,

ягодниковом и разнотравном типах леса превышает 99 %, а в осоково-сфагновом – 98 %. Низкие показатели участия нижних ярусов растительности в этом процессе объясняются высоким возрастом и высокой полнотой насаждений.

8.2 Годичная продукция фитомассы сосновых насаждений

Доля годичной продукции в общей фитомассе нижних ярусов растительности в исследуемых типах леса различна (от 25,5 до 46,7 %). Эти различия обусловлены видовым составом и возрастом растений.

На рисунке 3 показана зависимость годичной продукции (ГП) от общей надземной фитомассы нижних ярусов растительности (PAS).

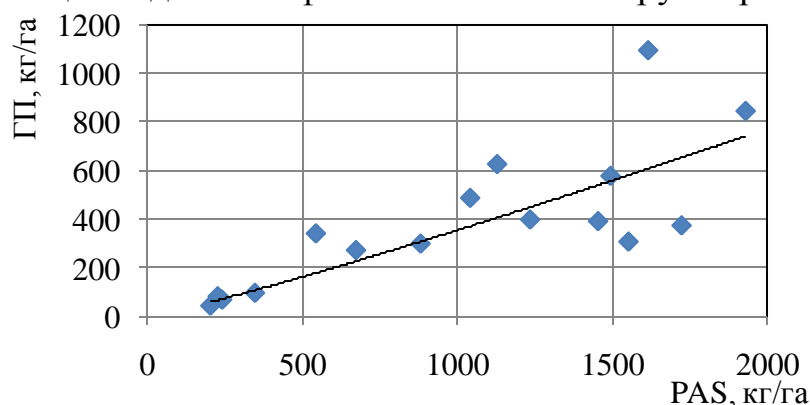


Рисунок 3 – Зависимость годичной продукции от общей фитомассы нижних ярусов растительности.

Наиболее точно данную зависимость описывает степенная функция:

$$ГП = 0,1511PAS^{1,1233} \quad (6)$$

Уравнение (6) адекватно и корректно экспериментальным данным ($R^2=0,84$). Оно может успешно применяться при оценке годичной продукции фитомассы нижних ярусов растительности.

Годичная продукция надземной фитомассы всех исследуемых компонентов насаждения (подроста, подлеска, ЖНП и древостоя) в разрезе типов леса показана в таблице 12.

Таблица 12 – Годичная продукция надземной фитомассы сосновых насаждений по типам леса, т/га.

Типы леса	Годичная продукция				
	общая	в том числе			
		подроста	подлеска	ЖНП	древостоя
Сбр	3,41	0,06	0,01	0,11	3,23
Сяг	3,65	0,08	0,02	0,17	3,38
Сртр	4,01	0,08	0,04	0,42	3,47
Сос-сф	3,55	0,07	0,00	0,63	2,85

Этот показатель в исследуемых типах леса колеблется от 3,41 т/га в брусничниковом типе леса до 4,01 т/га в разнотравном. Сравнительно низкие значения годичной продукции древостоя в первых трех типах леса (3,23-3,47 т/га) объясняются высоким возрастом древостоев. Роль подроста, подлеска, ЖНП и древостоя в формировании годичной продукции различна и меняется в зависимости от типов леса. Суммарная доля годичной

продукции нижних ярусов растительности в общей годичной продукции насаждения изменяется от 5,4 % в брусничниковом типе леса до 19,9 % в осоково-сфагновом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках современных тенденций в оценке сырьевых, экологических и социальных функций лесов проведены комплексные исследования надземной массы и годичной продукции всех растительных компонентов спелых сосновых насаждений в типах леса, представляющих широкий эдафический ряд от свежих периодически сухих до устойчиво сырых экотопов. В целом в результате проведенных исследований можно сделать следующие обобщения и выводы.

Связи количественных и качественных показателей нижних ярусов растительности (видового состава и проективного покрытия ЖНП, густоты и состава подроста и подлеска, фитомассы и годичной продукции этих ярусов) с высотой над уровнем моря характеризуются слабой или умеренной теснотой. Это объясняется тем, что в районе исследований с незначительными высотами гор на развитие нижних ярусов растительности большее влияние оказывает не абсолютная высота участков над уровнем моря, а их расположение относительно элементов рельефа (типы леса).

Представленные виды (породы) в ЖНП, подросте и подлеске максимального развития (наибольших линейных размеров и фитомассы) достигают в определенном типе леса, что объясняется их экологией и биологией. С биологическими особенностями видов (пород) связаны закономерности в соотношениях фракций надземной фитомассы. В частности, из всех пород, участвующих в лесовозобновлении, наибольшей долей стволов характеризуется осина, а наименьшей – ель. В подлеске наиболее высокие значения этого показателя характерны для рябины, а низкие – для шиповника.

Максимальная величина суммарной массы нижних ярусов растительности наблюдается в Сос-сф (1489 кг/га), а минимальная – в Сбр (478 кг/га). Во всех исследуемых типах леса наибольший вклад в формирование фитомассы нижних ярусов растительности вносит ЖНП (от 45,1 до 75,4 %). Доля фитомассы ЖНП наиболее высока в осоково-сфагновом типе леса (75,4 %), подлеска – в разнотравном (20,7 %), подроста – в брусничниковом (43,4 %). Удельный вес годичной продукции в общей фитомассе нижних ярусов растительности в исследуемых типах леса различен (от 25,5 до 46,7 %). Такие значения обусловлены видовым составом и возрастом растений нижних ярусов.

В общей надземной фитомассе исследуемых насаждений доминирует древостой. Доля фитомассы этого компонента меняется от 98,7 в осоково-сфагновом типе леса до 99,7 % в брусничниковом. Доля нижних ярусов растительности характеризуется сравнительно низкими показателями. Это

объясняется в первую очередь высоким возрастом и высокой полнотой исследуемых древостоев.

Общая годовичная продукция насаждений в исследуемых типах леса колеблется от 3,35 т/га в брусничниковом типе леса до 4,01 т/га в разнотравном. Роль подроста, подлеска, ЖНП и древостоя в формировании годичной продукции различна и меняется в зависимости от типов леса. В общей годичной продукции наибольшая доля приходится на продукцию древостоя. Она в среднем составляет: в Сбр – 94,6, в Сяг – 92,3, в Сртр – 86,5 и в Сос-сф – 80,1 %.

Суммарная доля годичной продукции нижних ярусов растительности в общей годичной продукции насаждения изменяется от 5,4 % в брусничниковом типе леса до 19,9 % в осоково-сфагновом. Таким образом, несмотря на то, что нижние яруса растительности в общей фитомассе насаждения имеют небольшой удельный вес (в большинстве случаев менее 1 %), они играют существенную роль в биопродукционном процессе. Это требует повышенного внимания к их оценке при различных исследованиях лесных насаждений.

По результатам исследований для использования при таксации фитомассы спелых сосновых насаждений подготовлены и рекомендуются следующие нормативно-справочные таблицы:

1. Четыре таблицы для оценки запасов надземной фитомассы и годичной продукции подроста, подлеска, ЖНП и древостоя;
2. Таблица (уравнение) для определения фитомассы ЖНП по проективному покрытию и высоте над уровнем моря;
3. Уравнение для определения годичной продукции нижних ярусов растительности по их общей надземной фитомассе.

СПИСОК РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ,

рекомендованных ВАК:

- 1) **Трофимова, И.Л.** Надземная фитомасса сосновых насаждений в различных типах леса в условиях Среднего Урала / И.Л. Трофимова, У.П. Кощеева, З.Я. Нагимов // Аграрный вестник Урала. – г. Екатеринбург. – 2012. – Вып. 8 (100). – С. 55-58.
- 2) **Трофимова, И.Л.** Фитомасса живого напочвенного покрова в сосняках зеленой зоны г. Екатеринбурга / И.Л. Трофимова, И.В. Шевелина, З.Я. Нагимов, Т.М. Алиева // Современные проблемы науки и образования, 2014. – Вып. 1. – Режим доступа: www.science-education.ru.

в прочих изданиях:

- 3) **Артемьева, И.Н.** Оценка лесовозобновления в лишайниковом типе леса в условиях ХМАО / И.Н. Артемьева, В.З. Нагимов, **И.Л. Киреева (Трофимова)**, Д.П. Мезенцев, З.Я. Нагимов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России (Материалы IV всерос-

сийской научно-технической конференции студентов и аспирантов). – 2008. – Ч. 2. – С. 239-241.

4) Драчев, А.К. Фитомасса живого напочвенного покрова в сосняках различных типов леса / А.К. Драчев, М.В. Грачев, О.Н. Федосеев, **И.Л. Киреева (Трофимова)**, У.П. Кошечева, З.Я. Нагимов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России (Материалы VI всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник»). – 2010. – Ч. 1. – С. 47-50.

5) Драчев, А.К. Оценка лесовозобновления в сосняках различных типов леса / А.К. Драчев, М.В. Грачев, О.Н. Федосеев, **И.Л. Киреева (Трофимова)**, У.П. Кошечева, З.Я. Нагимов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России (Материалы VI всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник»). – 2010. – Ч. 1. – С. 50-52.

6) **Киреева (Трофимова), И.Л.** Надземная фитомасса сосновых насаждений в различных типах леса Уральского учебно-опытного лесхоза / И.Л. Киреева, У.П. Кошечева // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии: материалы международной конференции с элементами научной школы для молодежи. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет. – 2010. – С. 189-193. – Режим доступа: <http://csfm.marstu.net>.

7) **Трофимова, И.Л.** Фитомасса древостоев и нижних ярусов растительности в сосновых насаждениях различных типов леса в условиях Среднего Урала / И.Л. Трофимова, У.П. Кошечева, З.Я. Нагимов // Научно-практический журнал Вестник ИГСХА. – г. Иркутск: Матер. Международного Симпозиума, посвященного 55-летию образования Приморской государственной сельскохозяйственной академии «Лесные ресурсы: сохранение, использование и воспроизводство». – 2013. – Вып. 54. – С. 93-100.

Подписано в печать 22.04.2015. Объем 1 авт.л. Заказ № 118. Тираж 100. 620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет». Отдел оперативной полиграфии.